

Perancangan Alat Deteksi Menggunakan Fuzzy Mamdani dan Sensor MG-811 Guna Menghindari Keracunan Akibat Gas

Yesyurun Masiakh Agape^{1*}, Deddy Susilo², Andreas Febrianto³ 

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received May 16, 2022

Revised May 19, 2022

Accepted August 20, 2022

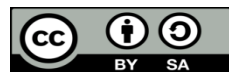
Available online October 25, 2022

Kata Kunci:

Fuzzy Mamdani, Sensor, Gas Co2

Keywords:

Fuzzy Mamdani, Sensors, Gas Co2



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Saat ini banyak terjadi kematian yang diakibatkan oleh keracunan CO_2 dikarenakan oleh jumlah orang di dalam ruangan yang melebihi batas maupun kurangnya ventilasi pada ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat deteksi menggunakan fuzzy mamdani dan sensor MG-811 guna menghindari keracunan akibat gas CO_2 . Penelitian ini menggunakan jenis penelitian perancangan prototipe. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk proses analisis data. Proses pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan langsung dengan menggunakan alat yang telah dirancang. Tahap penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu, perancangan *hardware* dan rancang bangun alat, perancangan *software*, pengujian alat sesuai dengan cara kerja yang telah dirancang, serta pencatatan hasil. Penelitian ini merupakan perancangan dengan subjek yang digunakan adalah kadar CO_2 dan manusia serta menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani dalam menentukan lama waktu exhaust aktif. Hasil penelitian yang dilakukan untuk keseluruhan alat diperoleh hasil dengan tingkat keberhasilan 98,6% untuk pendektian kadar CO_2 dan exhaust untuk mengurangi kadar CO_2 serta jumlah ideal orang di dalam ruangan ukuran 3x4 meter adalah kurang dari 5 orang. Hal ini membuktikan bahwa metode Logika Fuzzy dapat digunakan untuk pengintegrasian serta alat ini dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengurangi kadar CO_2 agar terhindari dari keracunan akibat CO_2 .

ABSTRACT

Currently, there are many deaths caused by CO_2 poisoning caused by the number of people in the room that exceeds the limit and the ventilation in the room. This study aims to create a detection device using fuzzy mamdani and MG-811 sensors to avoid poisoning due to CO_2 gas. This research uses a prototype design research type. This study uses a quantitative approach to the data analysis process. The process of collecting data in this study was carried out directly using a tool that had been designed. This research phase is divided into several stages, namely, hardware design and tool design, software design, tool testing in accordance with the designed work method, and recording the results. This research is a design with the subject used is CO_2 levels and humans and uses the Fuzzy Logic Mamdani method in determining the length of time active exhaust. The results of the research carried out for all the tools obtained with a success rate of 98.6% for the approach of CO_2 and exhaust levels to reduce CO_2 levels and the ideal number of people in a 3x4 meter room is less than 5 people. This proves that the Fuzzy Logic method can be used for integration and this tool can be used to detect and reduce CO_2 levels in order to avoid poisoning due to CO_2 .

1. PENDAHULUAN

Salah satu zat yang dapat digolongkan menjadi sumber polusi atau pencemaran udara adalah Karbon Dioksida (CO_2). Pencemaran udara merupakan masuk atau dimasukkannya energi, zat, atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melebihi baku mutu udara yang telah ditentukan (Abidin et al., 2019; Dengo et al., 2018). Salah satu sumber pencemaran di dalam ruangan adalah proses alami makhluk hidup, yaitu respirasi. Respirasi adalah proses menghirup udara yang mengandung O_2 (Oksigen) dan mengeluarkan udara yang mengandung CO_2 (Karbon Dioksida). Karbon dioksida (CO_2) adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sehingga jika manusia berada di dalam ruangan tanpa sirkulasi udara yang baik dapat menyebabkan keracunan CO_2 . Keracunan CO_2 dapat menyebabkan gangguan pernapasan, gangguan keseimbangan asam dan basa (alkalosis) pada darah, asidosis hingga gangguan saraf (Susanti et al., 2021). Pada penelitian tentang pengaruh CO_2 pada tubuh dijelaskan bahwa CO_2 sangat mempengaruhi emosional seseorang. Maka dari itu peranan CO_2 sangat penting bagi kehidupan manusia (Komuro et al., 2021). Saat ini tingkat pencemaran udara di kota dan daerah pedesaan diperkirakan menyebabkan 4,2 juta kematian, dengan sekitar 91% kematian dini terjadi di wilayah Asia

*Corresponding author.

E-mail addresses: yesyurun.masiakh18@gmail.com (Yesyurun Masiakh Agape)

Tenggara termasuk Indonesia, serta pada tahun 2018 dan 2022 di Indonesia terjadi kematian yang menyebabkan 17 orang dilarikan ke rumah sakit dan 5 orang tewas.

Penelitian ini menggunakan sensor MG-811, sensor HC-SR04, Arduino Uno, ESP8266, serta metode *Fuzzy logic Mamdani*. Sensor MG-811 merupakan sensor yang khusus untuk mendeteksi gas CO_2 dengan sensitivitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan sensor gas lainnya (Susanti et al., 2021) alasan tersebutlah yang menjadi dasar pemilihan komponen ini pada perancangan. Sensor HC-SR04 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi suatu objek dan pengukuran jarak, dibandingkan dengan sensor infrared lainnya sensor ini lebih handal dan benar untuk mendeteksi dengan berbagai jenis bahan (Kamal et al., 2019; Raza & Monnet, 2019). Komponen ini dapat mengukur objek sampai $\pm 4m$ sehingga sesuai dengan kebutuhan perancangan yang jarak yang digunakan ± 60 cm untuk dapat mendeteksi manusia yang masuk ke dalam ruangan (Setyawan et al., 2018; Zinkevich, 2021). Arduino Uno merupakan sistem embedded yang *open-source*, Arduino Uno memiliki mikrokontroler Atmega328 yang berfungsi untuk mengontrol suatu rangkaian elektronik (Gopinath et al., 2020). Arduino menjadi pengontrol untuk semua sensor yang digunakan pada perancangan ini. ESP8266 adalah papan mikrokontroler *open-source* berdasarkan firmware yang memiliki kekuatan pemrosesan tinggi, serta memiliki chip yang terintegrasi dengan TCP/IP, WiFi direct Peer-to-Peer (P2P) dan AP (Macheso et al., 2021; Rosli et al., 2018; Rufino et al., 2017). Sehingga menjadi alasan pemilihan komponen ini karena memiliki fitur yang dapat terkoneksi dengan WiFi sehingga sesuai dengan kebutuhan perancangan untuk pengiriman data ke aplikasi telegram. *Fuzzy logic* adalah logika yang dapat mengolah nilai tidak pasti seperti "sedikit", "banyak", "sedang". Dalam bidang kontrol, *Fuzzy logic* sangat populer, karena sangat sederhana untuk dapat merealisasikan atau mewujudkan strategi kontrol manusia (Mulia et al., 2018).

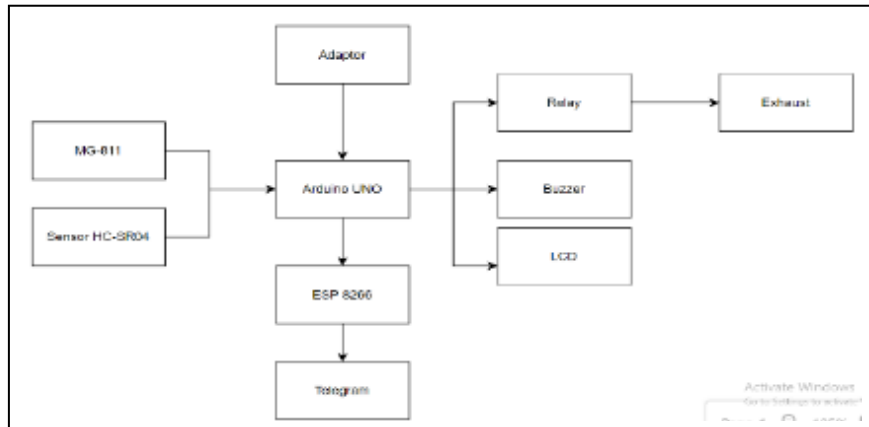
Temuan mengenai deteksi kadar CO_2 telah banyak dilakukan diantaranya adalah menggunakan sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas dan telegram sebagai media menampilkan data (Sidik & Rahmad, 2021). Serta penelitian menggunakan MQ-135 sebagai sensor deteksi gas, namun tidak ada peringatan jika kadar CO_2 tinggi (Qory Hidayati, 2020). Pada penelitian lainnya digunakan telegram sebagai media jika kadar CO_2 tinggi namun tidak memiliki alat yang dapat mengurangi kadar CO_2 yang berlebih (Amsar et al., 2020). Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dijabarkan sejauh ini alat yang telah diciptakan hanya dapat mendeteksi kadar CO_2 menggunakan *fuzzy logic*, atau mengurangi kadar CO_2 atau mengirimkan informasi namun alat tersebut masih berdiri sendiri tidak terintegrasi satu dengan lainnya, sehingga hanya dapat melakukan satu kegiatan saja. Pada kenyataannya jika alat hanya dapat mendeteksi kadar CO_2 tanpa adanya alat untuk mengurangi kadar CO_2 maka manusia yang berada pada ruangan tersebut akan mengalami keracunan akibat menghirup terlalu banyak CO_2 , serta diperlukannya notifikasi agar jika keadaan di dalam ruangan terlalu berisik sehingga buzzer tidak dapat terdengar maka manusia di dalam ruangan masih dapat mengetahui kadar CO_2 karena adanya notifikasi dari telegram. Merancang alat yang saling terintegrasi satu sama lain dapat mendeteksi kadar CO_2 pada ruangan, mengurangi kadar CO_2 , mendapat notifikasi pada aplikasi telegram, serta mengetahui jumlah ideal orang yang berada pada suatu ruangan tertutup dengan ukuran 3x4 meter sehingga dapat mengetahui lebih awal untuk menghindari keracunan akibat CO_2 . Kelebihan dari alat yang dirancang pada penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah dapat mengetahui jumlah minimal orang pada ruangan dengan ukuran tertentu serta pengintegrasian antara pendeteksi kadar CO_2 , mengurangi kadar CO_2 serta mengirimkan informasi ke telegram. Kelebihan lainnya adalah sensor yang digunakan adalah sensor MG-811, dimana sensor ini memiliki tingkat akurasi dan sensitivitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan sensor gas lain yang digunakan pada penelitian sebelumnya karena hanya fokus pada deteksi gas CO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat deteksi menggunakan *fuzzy mamdani* dan sensor MG-811 guna menghindari keracunan akibat gas CO_2 .

2. METODE

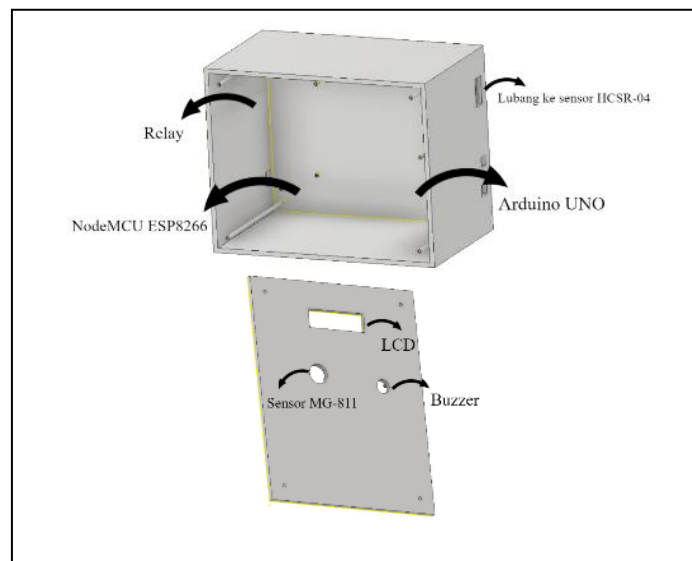
Penelitian ini mengembangkan suatu sistem untuk mendeteksi pelanggaran lampu lalu lintas di suatu simpang jalan. Proses deteksi pelanggaran dilakukan dengan melihat kondisi lampu hijau pada suatu simpang dan kondisi kendaraan yang melaju di simpang yang lain. Dalam penelitian ini digunakan alat bantu berupa garis virtual di atas *zebra cross* sebagai penanda dimana suatu kendaraan dianggap melanggar atau tidak. Tahapan pengembangan sistem dibagi menjadi tiga tahap pendeteksian yaitu deteksi lampu lalu lintas, deteksi kendaraan yang melintas di simpang lampu dan deteksi jumlah kendaraan yang melanggar lampu lalu lintas setiap tahapan ditunjukkan pada Gambar 1.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian perancangan prototipe. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk proses analisis data. Proses pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan langsung dengan menggunakan alat yang telah dirancang. Adapun subject yang digunakan pada penelitian ini adalah manusia sebagai variable input, dimana manusia yang digunakan sama dengan manusia yang digunakan pada penerapannya. Tahap penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu, perancangan

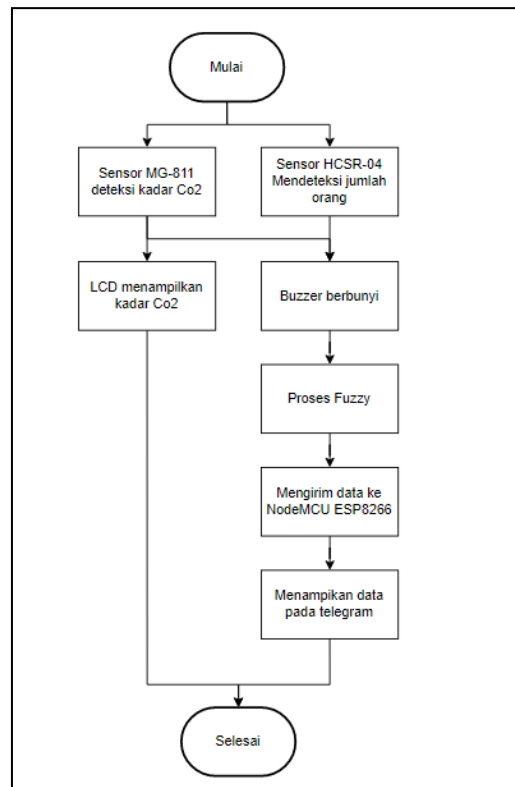
hardware dan rancang bangun alat, perancangan software, pengujian alat sesuai dengan cara kerja yang telah dirancang, serta pencatatan hasil. Pada tahap perancangan software terbagi menjadi dua tahap yaitu, perancangan program alat dan perancangan sistem Fuzzy Mamdani. Pada tahap perancangan hardware : Hubungan antara tiap komponen yang digunakan untuk mendeteksi kadar CO_2 di dalam suatu ruangan disajikan pada Gambar 1. Sistem ini memiliki dua sensor sebagai input, yaitu sensor gas CO_2 MG-811, dan sensor HC-SR04 untuk menghitung jumlah orang dan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO untuk mengontrol semua input dan output yang ada pada alat ini. Bagian output terdiri dari exhaust alat untuk mengurangi kadar CO_2 pada ruangan tersebut, buzzer yang berguna sebagai indikator kadar CO_2 tidak baik dan berbahaya, dan NodeMCU ESP8266 digunakan untuk mengirimkan data output ke telegram. Pada Gambar 2 diperlihatkan penempatan setiap komponen pada kotak yang digunakan. Selanjutnya pada tahap perancangan software terbagi menjadi 2 bagian yaitu, program sistem dan perancangan sistem Fuzzy Mamdani



Gambar 1. Diagram Perancangan Hardware



Gambar 2. Desain Bangun alat



Gambar 3. Gaftar Alir Sistem

Perancangan program sistem adalah proses pembuatan codingan dengan logika seperti pada Gambar 3 yaitu jika s *MG-811* mendeteksi kadar CO_2 dalam waktu 3 menit dan *HC-SR04* mendeteteksi adanya orang didalam ruangan maka sistem akan bekerja setelah sistem memperoleh *inputan* berupa kadar CO_2 dan jumlah orang maka Kadar CO_2 yang diperoleh kemudian akan ditampilkan pada *LCD* 16x2. Jika kadar CO_2 yang lebih dari 500 ppm, maka akan dibunyikan *buzzer* sebanyak 2 kali, dan jika kadar CO_2 lebih dari 250 maka *buzzer* akan berbunyi 1 kali. Data yang diterima dari kedua sensor tersebut kemudian dikirim ke *Arduino Uno* untuk diolah menggunakan metode logika *Fuzzy Mamdani*. Setelah proses *Fuzzy* dilakukan, *Arduino Uno* mengirimkan data melalui *NodeMCU ESP 8266* untuk ditampilkan pada aplikasi telegram. Data yang ditampilkan adalah kadar CO_2 , jumlah orang di dalam ruangan, dan hasil proses *Fuzzy*, yaitu berupa informasi jika *exhaust* akan menyala dalam waktu berapa menit. Setelah proses pengiriman data maka *exhaust* akan aktif sesuai dengan *rules*. Kemudian setelah *exhaust* nonaktif sistem akan kembali melakukan pendeteksian kadar CO_2 dan jumlah orang di dalam ruangan dan begitu seterusnya. Perancangan sistem *Fuzzy Mamdani* merupakan bagian dari proses perancangan sistem, proses ini membuat codingan untuk prose fuzzy yang akan dilakukan oleh sistem . Adapun alurnya adalah setelah sistem mendapatkan *input* dari sensor berupa kadar CO_2 dan jumlah orang, maka proses *Fuzzy Logic Mamdani* bekerja. Tahap pertama adalah fuzzifikasi yaitu tahap pembentukan himpunan *Fuzzy*. Pembentukan himpunan *Fuzzy* untuk Kadar CO_2 didasarkan pada Peraturan Menteri Kesehatan No 1077 tentang Pedoman Penyehatan Udara di Dalam Ruang (Kesehatan & Indonesia, 2011). Pembentukan himpunan *Fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 4.

```

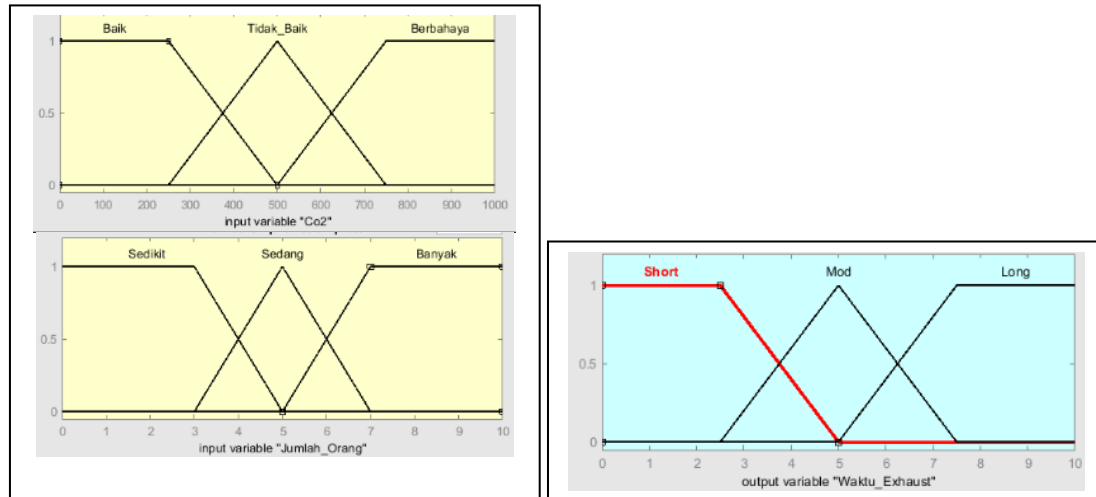
float usedikit[] = {0, 0, 3, 5};
float usedang[] = {3, 5, 7};
float ubanyak[] = {5, 7, 10, 10};

float ubaik[] = {0, 0, 250, 500};
float utidakbaik[] = {250, 500, 750};
float ubahaya[] = {500, 750, 1000, 1000};

float yshort[] = {0, 0, 2.5, 5};
float ymoderate[] = {2.5, 5, 7.5};
float ylong[] = {5, 7.5, 10, 10};
  
```

Gambar 4. Pembentukan Himpunan Fuzzy Variabel Input dan Output

Proses kedua adalah membuat derajat keanggotaan. Fungsi keanggotaan untuk variabel kadar CO_2 yaitu baik, tidak baik, dan berbahaya. Kemudian fungsi keanggotaan untuk variabel jumlah orang yaitu sedikit, sedang, dan banyak, serta fungsi keanggotaan variabel *Output* yaitu lama waktu *exhaust* aktif terdiri dari 3 kondisi yaitu *Short Term*, *Moderate*, dan *Long Term*. Fungsi keanggotaan variabel *input* dan *output* ditunjukkan pada Gambar 5, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan setiap variabel.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variable Input dan Output

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai Implikasi. Proses ini mengambil *input* dari *Output* fuzzifikasi, yaitu derajat keanggotaan dari variabel *input*, yang kemudian nilai tersebut dimasukkan pada *rules* menggunakan rumus min. *Rules* yang digunakan adalah pada Tabel 1.

Tabel 1. Rules Fuzzy Logika Mamdani

No.	Rules
1	Kadar CO_2 Baik dan Jumlah orang sedikit then exhaust short
2	kadar CO_2 baik and jumlah orang sedang then exhaust moderate
3	kadar CO_2 baik and jumlah orang banyak then exhaust long term
4	kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang sedikit then exhaust short
5	Kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang sedang then exhaust moderate
6	Kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang banyak then exhaust long term
7	Kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang sedikit then exhaust short
8	Kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang sedang then exhaust moderate
9	Kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang banyak then exhaust long term

Selanjutnya adalah menentukan batasan daerah yang telah dibentuk dari perhitungan. Setelah mengetahui batasan daerah yang baru, tahap selanjutnya adalah tahap *defuzzification*. *Defuzzification* yang digunakan adalah *Center of Gravity* yaitu merata-ratakan nilai luas dan momentum yang diperoleh. Untuk menghitung luas daerah baru yang terbentuk menggunakan rumus segitiga, persegi panjang, dan trapesium tergantung daerah yang terbentuk dan untuk memperoleh momentum integral dari batas daerah. Selanjutnya hasil *defuzzification* ini dapat menentukan lama waktu aktivasi *exhaust*, apakah *Short*, *Moderate*, atau *Long Term*. Pengujian pada alat ini dilakukan dalam beberapa cara yaitu, pertama pendeteksi jumlah orang mampu mendeteksi ada tidaknya orang yang masuk ke dalam ruangan selamat < 3 menit, dengan ralat sensor ± 3 cm. Kedua, pendeteksi kadar CO_2 berlebih menggunakan buzzer. Pendetesi mampu melakukan pendeteksian jika kadar CO_2 melebihi batas dengan ketentuan 1 kali berbunyi jika kadar CO_2 tidak baik dan 2 kali berbunyi jika kadar CO_2 berbahaya. Target keberhasilan 100% dari 15 percobaan. Ketiga, pengujian koneksi telegram mampu menerima informasi data yang diperoleh dari sistem, dengan target informasi yang diterima dari sistem ke telegram < 1 menit dari 15 percobaan. Keempat, pengujian *exhaust* mampu aktif dan nonaktif sesuai dengan rules pada fuzzy mamdani, dengan target keberhasilan 92% dari 15 percobaan. Kelima, pendeteksi jumlah orang, kadar CO_2 , *exhaust*, dan telegram mampu melakukan seluruh kegiatan dalam sebuah sistem secara berurutan, dengan target keberhasilan keseluruhan alat 100% dari 15 percobaan. Keenam, membandingkan hasil fuzzy mamdani sistem dengan MATLAB

sebagai ajuaan sistem yang dibuat dengan metode Fuzzy Mamdani telah sesuai, dengan target tingkat error tidak lebih dari 2% dari 15 percobaan.

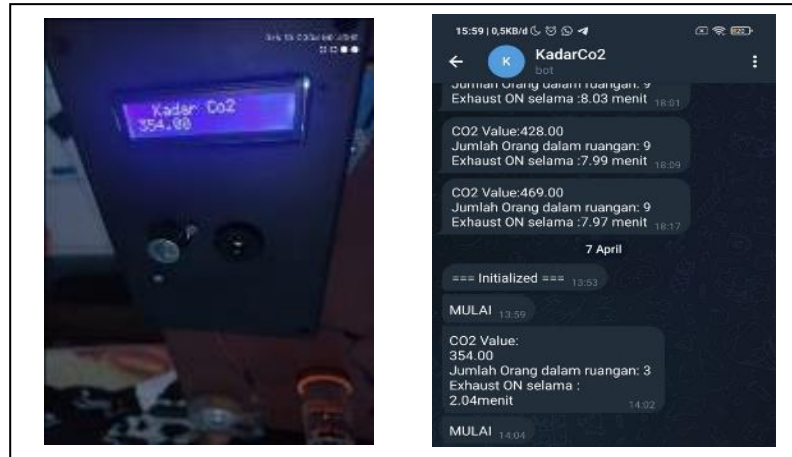
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

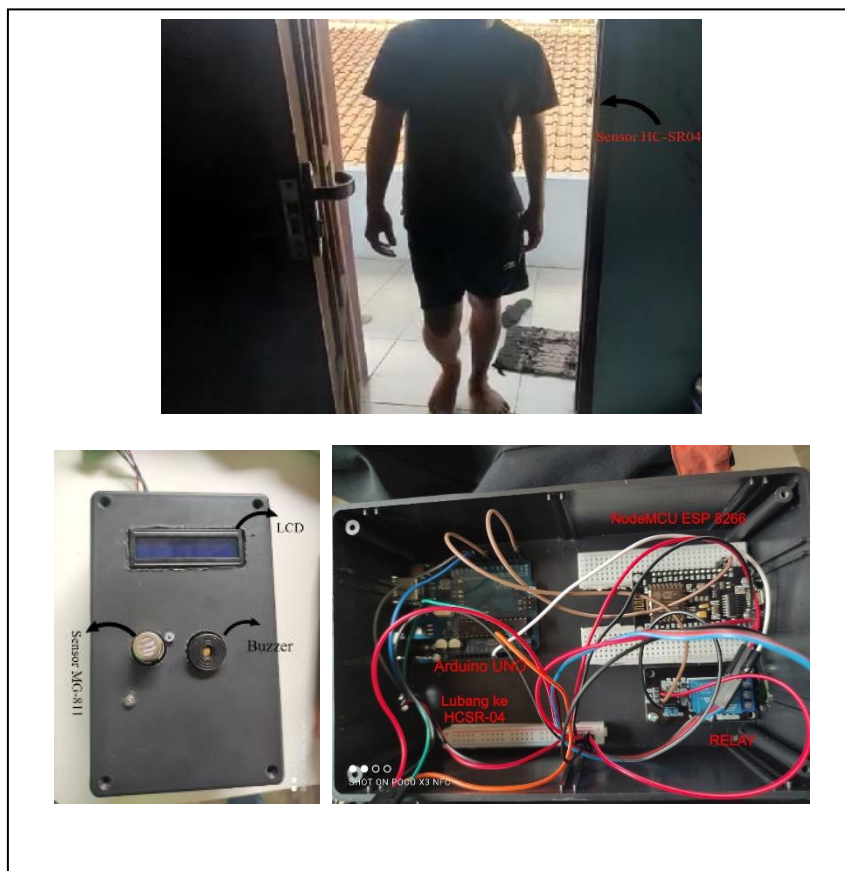
Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan ukuran ruangan 3x4 meter jumlah orang yang paling ideal adalah 3 orang atau di bawah 5 orang dibuktikan dengan jumlah buzzer yang berbunyi sebagai indikator peringatan jika kadar CO_2 melebihi batas tidak lebih dari 3 kali, serta kadar CO_2 mengalami penurunan pada setiap pendeteksian di setiap kategorinya sebagai salah satu indikator bahwa exhaust bekerja dengan baik dalam mengurangi kadar CO_2 pada ruangan dengan tingkat keberhasilan rata-rata semua komponen 98,6%. Hasil Pengujian dapat dilihat pada [Tabel 2](#), [Gambar 6](#), dan [Gambar 7](#). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar CO_2 yang dideteksi menggunakan sensor MG-811 berkisar pada nilai 300 – 2000 ppm, hal ini membuktikan sensor MG-811 lebih sensitivitas dibandingkan dengan sensor MQ-135 dengan kisaran deteksi sensor hanya 35 – 1000 ppm ([Amsar et al., 2020](#); [Zhao et al., 2018](#)). Pada penelitian ini hasil pedeteksian kadar CO_2 ditampilkan pada LCD serta mendapatkan notifikasi jumlah kadar serta keadaan udara CO_2 sedangkan pada tidak memiliki LCD untuk dapat menampilkan kadar CO_2 serta hanya mengirimkan notifikasi kondisi udara ke telegram ([Sidik & Rahmad, 2021](#); [Thakur et al., 2019](#)). Penelitian ini juga dilengkapi dengan alat untuk dapat mengurangi kadar CO_2 yaitu berupa exhaust dimana pada penelitian tidak memiliki alat tersebut sehingga tidak dapat mengurangi kadar CO_2 untuk terhindar dari keracunan CO_2 , serta metode yang digunakan pada penelitian tersebut hanya pendekatan logika fuzzy sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode logika Fuzzy Mamdani, dengan menggunakan metode ini proses pengontrolan sistem akan lebih mudah dilakukan ([Amsar et al., 2020](#)).

Tabel 2. Hasil Pencobaan Sistem Deteksi Kadar CO_2 .

Pengujian ke-	Jumlah Orang yang diinginkan	Jumlah Orang Terdeteksi	Kadar CO_2 (ppm)	Exhaust Aktif (Menit)	Bunyi Buzzer (Kali)	Notifikasi Telegram (Ada/ Tidak Ada)
1		9	2437	8,06	2	Ada
2		9	503	8,05	2	Ada
3	9	8	539	8,03	2	Ada
4		9	428	7,99	1	Ada
5		9	469	7,97	1	Ada
6		5	539	5,0	2	Ada
7		5	596	5,0	2	Ada
8	5	5	483	5,0	1	Ada
9		5	404	5,0	1	Ada
10		5	237	5,0	0	Ada
11		3	354	2,04	1	Ada
12		3	464	2,08	1	Ada
13	3	3	287	2,08	1	Ada
14		3	67	1,94	0	Ada
15		3	241	2,01	0	Ada
Keberhasilan(%)		93%	100%	100%	100%	100%



Gambar 6. Hasil Pengujian Tampilan LCD dan Telegram



Gambar 7. Hasil Perancangan Alat

Tabel 3. Pengujian Rules Fuzzy

Rules	Output Sistem(Menit)	Output MATLAB(Menit)	Error(%)
kadar CO_2 baik and jumlah orang sedikit then exhaust short	3,54	3,42	3,5
kadar CO_2 baik and jumlah orang sedang then exhaust moderate	5,00	5,00	0
kadar CO_2 baik and jumlah orang banyak then exhaust long term	7,88	7,98	1,25

Rules	Output Sistem(Menit)	Output MATLAB(Menit)	Error(%)
kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang sedikit then exhaust short	2,12	2,02	4,9
Kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang sedang then exhaust moderate	6,49	6,58	1,36
Kadar CO_2 tidak baik and jumlah orang banyak then exhaust long term	7,81	7,89	1,01
kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang sedikit then exhaust short	1,94	1,92	1,04
kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang sedang then exhaust moderate	6,51	6,58	1,06
kadar CO_2 berbahaya and jumlah orang banyak then exhaust long term	8,04	8,08	0,49
Rata - Rata			1,62

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terdapat kendala yang menyebabkan penurunan tingkat akurasi pada sistem. Kendala tersebut diantaranya adalah pada Tabel 2 bagian percobaan 3 jumlah orang yang terdeteksi hanya 8 dari 9 orang hal ini dikarenakan sensor HC-SR04 hanya mendeteksi 8 manusia yang masuk ke dalam ruangan hal ini disebabkan karena saat manusia melewati sensor sangat cepat sehingga pin echo tidak menerima gelombang yang dipantulkan oleh pin trigger hal tersebut (Thakur et al., 2019; Zhao et al., 2018). Pada pengujian telegram terdapat jeda beberapa menit dari setelah sensor kembali mendeteksi jumlah orang, hal ini disebabkan oleh jaringan *internet* yang tidak stabil sehingga mempengaruhi proses pengiriman data. Serta pada hasil pengujian perbandingan Sistem dengan MATLAB menghasilkan nilai error yang kecil atau hampir mendekati dengan tahap defuzzifikasi yang dilakukan oleh MATLAB. Hal ini membuktikan bahwa metode Mamdani mudah untuk digunakan pada pengendalian sistem (Batubara, 2017). Adanya perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan dalam penulisan *range*. Pada sistem yang dibuat menggunakan *Arduino IDE* tiap variabel untuk batasan awal dan akhir menggunakan nilai kurang dari (\leq) dan lebih dari (\geq) sedangkan pada MATLAB tiap variabel yang digunakan memiliki nilai *range* yang jelas untuk batas awal dan akhir nilai. Dengan menggunakan alat ini nantinya mampu bermanfaat untuk mengetahui lebih awal agar mengurangi kematian akibat keracunan CO_2 dan dapat mengetahui batasan jumlah orang untuk setiap ruangan dengan ukuran tertentu. Penelitian ini memiliki keterbatasan diantaranya adalah wifi hanya dapat digunakan pada satu tempat saja serta sensor HC-SR04 hanya dapat mendeteksi orang yang masuk. Maka saran kedepannya dapat menambahkan fitur untuk dapat mengganti wifi sesuai dengan tempat alat tersebut berada, menggunakan jenis sensor lainnya agar dapat mendeteksi orang yang masuk saat berlari serta menambahkan fitur sensor HC-SR04 dapat mendeteksi orang yang masuk sekaligus orang yang keluar.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya alat ini manusia dapat lebih awal mengetahui jumlah ideal manusia di dalam ruangan sehingga dapat terhindari dari keracunan akibat CO_2 serta menyatakan bahwa fuzzy logic dapat digunakan untuk mengolah variable input yang tidak pasti untuk menentukan suatu hasil yang pasti.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., Artauli Hasibuan, F., Kunci, K., Udara, P., & Gauss, D. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4*, 2(2), 978–979.
- Amsar, A., Khairuman, K., & Marlina, M. (2020). Perancangan Alat Pendeteksi CO2 Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Internet Of Thing. *METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, 4(1), 73–79. <https://doi.org/10.46880/jmika.v4i1.143>.
- Batubara, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan. *It Journal Research and Development*, 2(1), 1–11. [https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2\(1\).644](https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644).

- Dengo, M. R., Suwondo, A., & Suroto, S. (2018). Hubungan Paparan CO terhadap Saturasi Oksigen dan Kelelahan Kerja pada Petugas Parkir. *Gorontalo Journal of Public Health*, 1(2), 78–84. <https://doi.org/10.32662/gjph.v1i2.347>.
- Gopinath, A., Arun, C., Hanumanthaiah, A., & Murugan, R. (2020). An analogy of the datalogger implementation in arduino UNO and PSoC5LP. *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020, Icssit*, 328–332. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214222>.
- Kamal, A. M., Hemel, S. H., & Ahmad, M. U. (2019). Comparison of Linear Displacement Measurements between A Mems Accelerometer and Hc-Sr04 Low-Cost Ultrasonic Sensor. *1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology 2019, ICASERT 2019, 2019(Icaser)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICASERT.2019.8934569>.
- Kesehatan, M., & Indonesia, R. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077/Menkes/PER/2011*.
- Komuro, N., Hashiguchi, T., Hirai, K., & Ichikawa, M. (2021). Predicting individual emotion from perception-based non-contact sensor big data. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81958-2>.
- Macheso, P., Manda, T. D., Chisale, S., Dzipire, N., Mlatho, J., & Mukanyiligira, D. (2021). Design of ESP8266 Smart Home Using MQTT and. *IEEE*, 502–505. <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9396027>.
- Mulia, N. A., Hanafi, M. H., & Arwani, I. (2018). Implementasi Logika Fuzzy untuk Purwarupa Pengkondisian AC dan Lampu Otomatis pada Sebuah Ruang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1553–1562. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1261>.
- Qory Hidayati, F. Z. R. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Fuzzy Logic. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 6(1), 260–267. <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/373>.
- Raza, K. A., & Monnet, W. (2019). Moving objects detection and direction-finding with HC-SR04 ultrasonic linear array. *Proceedings of the 5th International Engineering Conference, IEC 2019*, 153–158. <https://doi.org/10.1109/IEC47844.2019.8950639>.
- Rosli, R. S., Habaebi, M. H., & Islam, M. R. (2018). Characteristic Analysis of Received Signal Strength Indicator from ESP8266 WiFi Transceiver Module. *Proceedings of the 2018 7th International Conference on Computer and Communication Engineering, ICCCE 2018*, 504–507. <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2018.8539338>.
- Rufino, J., Alam, M., Almeida, J., & Ferreira, J. (2017). Software defined P2P architecture for reliable vehicular communications. *Pervasive and Mobile Computing*, 42, 411–425. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.06.014>.
- Setyawan, B., Andryana, S., & Winarsih, W. (2018). Sistem Deteksi Menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino mega 2560 dan Processing untuk Sistem Keamanan Rumah. *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 3(3), 15–20. <https://doi.org/10.37438/jimp.v3i3.183>.
- Sidik, M. F., & Rahmad, I. F. (2021). Monitoring Kondisi Udara Di Kota Medan Dengan Pendekatan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things (IoT). *It (Informatic Technique) Journal*, 8(1), 73–80. <https://doi.org/10.22303/it.8.1.2020.73-80>.
- Susanti, R., Yazid, H., & Azriful, R. K. (2021). Alat Uji Karbon Dioksida Pada Kopi Sebagai Indikator Kelayakan Untuk Dikonsumsi. *Prosiding SISFOTEK*, 5(1), 191–195. <http://www.seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/281>.
- Thakur, D., Kumar, Y., & Kumar, A. (2019). Applicability of wireless sensor networks in precision agriculture: A review. *Wireless Personal Communications*, 107, 471–512. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06285-2>.
- Zhao, Z., Wang, J., Fu, C., Liu, Z., Liu, D., & Li, B. (2018). Design of a smart sensor network system for real-time air quality monitoring on green roof. *Journal of Sensors*. <https://doi.org/10.1155/2018/1987931>.
- Zinkevich, A. V. (2021). ESP8266 Microcontroller Application in Wireless Synchronization Tasks. In 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (. *IEEE*, 670–674. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM51226.2021.9446411>.